



NÚM. 120 MAYO-JUNIO DE 2015 ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Poder observar la Tierra desde el espacio ha generado un cambio en la manera en que examinamos nuestra "casa". Acaso nos ha hecho tomar conciencia de que la especie humana ha modificado los ecosistemas del planeta como nunca en su historia, que los recursos naturales son finitos y que la forma como los estamos usando nos lleva a un camino que compromete seriamente nuestra supervivencia.

La CONABIO está a la vanguardia en el registro, documentación y análisis del territorio mexicano desde el espacio. Con este número, dedicado a la percepción remota, celebramos veinte años seguidos de la publicación de *Biodiversitas*.

Como individuos, nuestro reto más grande sigue siendo tener una visión global y, en consecuencia, actuar en el ámbito local.

Fulvio Eccardi
Editor

Diversidad de la cobertura de SUELO EN MÉXICO

RICARDO M. LLAMAS BARBA, RENÉ R. COLDITZ, FABIOLA LÓPEZ SALDAÑA, FLORIAN HRUBY

Portada: imagen del NASA Earth Observatory.

La cobertura de suelo describe el material físico en la superficie terrestre[1] que se refiere a superficies como bosques, matorrales, cuerpos de agua o asentamientos humanos, entre otras, que pueden inferirse mediante el uso de imágenes satelitales. Con la información de esas imágenes es posible realizar clasificaciones automatizadas[2] que permiten no sólo conocer la distribución de la cobertura de suelo, sino también monitorearla en el tiempo.

En México, al ser un país megadiverso por la riqueza de especies presentes en su territorio,[3] el conocimiento del entorno en el que se desarrollan éstas representa un reto en la conservación y estudio del medio ambiente. Este trabajo ilustra la diversidad en la cobertura de suelo, que hace referencia a las diferentes expresiones que una misma clase puede tener debido a su ubicación, factores ambientales y actividades humanas.

Proyecto NALCMS

Como parte de los esfuerzos para elaborar mapas de cobertura de suelo en México y monitorear los cambios que se presentan, la CONABIO participa desde 2007 en el Sistema de Monitoreo de la Cobertura de Suelo de América del Norte (NALCMS).[4] Su objetivo es producir cartografía a partir de insumos homogéneos, métodos de clasificación similares[5] y utiliza una leyenda homologada, con lo que genera una representación continua de la cobertura de suelo de los tres países. En esta iniciativa participan el Centro Canadiense de Percepción Remota (CCRS), el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), coordinadas por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA).

Con el uso de imágenes MODIS de 250 m de resolución espacial, la clasificación de cobertura de suelo de NALCMS se compone de 19 clases relacionadas con el Sistema de Clasificación de Cobertura de la Tierra (LCCS).[6] En México existen 15 de estos tipos de cobertura, los cuales agrupan muchas de las clases presentes en los mapas de uso de suelo y vegetación del INEGI.

Diversidad de la cobertura

La variedad en las condiciones físico-geográficas del país hace que una misma clase de cobertura de suelo se exprese de manera distinta en el paisaje. Además de que la injerencia del hombre en el medio provoca que algunas coberturas como pastizales, suelos agrícolas, cuerpos de agua y asentamientos humanos, entre otros, se modifiquen por la presión ejercida sobre el territorio. La diversidad de las clases en distintas condiciones ambientales se muestra en el mapa y fotografías de las páginas 4 y 5. Adicionalmente, se analiza el grado de verdor mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para ilustrar el comportamiento de distintas coberturas de suelo en el año 2010 (ver gráfica 1).

Bosques de coníferas

Los bosques de coníferas en México se caracterizan generalmente por árboles mayores a 3 metros que abarcan más de 20% del área donde se encuentran. En sus zonas de distribución cubren al menos 75% del dosel general. Aunque su extensión comprende sólo 3.8% del territorio, son de gran importancia en el aprovechamiento de recursos maderables. Se localizan predominantemente a lo largo de los principales sistemas montañosos del país, en las Sierras Madre Occidental, Oriental y del Sur, el Eje Neovolcánico Transversal, la Sierra Norte de Oaxaca, los Altos y el sur de Chiapas.[7] La vegetación está conformada principalmente por pino (*Pinus*), oyamel (*Abies*), ayarín (*Pseudotsuga* y *Picea*), cedro (*Cupressus*) y táscate o enebro (*Juniperus*).[7] La variación anual en los índices de verdor de estos bosques es muy tenue debido a que conservan sus hojas durante todo el año; el incremento durante la temporada lluviosa que se observa en el ejemplo 1A de la gráfica 1 es causado por el crecimiento de las plantas (principalmente herbáceas) debajo del dosel, lo que afecta la respuesta espectral en un bosque semiabierto como se muestra en el ejemplo 1A del mapa.

Bosques de latifoliadas

Este tipo de cobertura se encuentra tanto en climas tropicales como templados y abarca más de 20% del área donde se localiza y cubren al menos 75% del dosel. Presentan alturas mayores a 5 m en bosques tropicales y

Clave	Clase NALCMS	Equivalencias NALCMS para México	Área (%, Mio ha)	
1	Bosque de coníferas templado o subpolar	Bosque de coníferas y vegetación secundaria arbórea derivada Bosque abierto y estacional de coníferas y vegetación secundaria arborea derivada Bosque abierto de coníferas y vegetación secundaria arbórea derivada	3.8	7.43
3	Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical	Selva o bosque tropical perennifolio y subperennifolio, y vegetación secundaria arbórea derivada Selva o bosque tropical subcaducifolio y vegetación secundaria arbórea derivada	7.5	14.63
4	Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical	Selva o bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria arbórea derivada	8.3	16.26
5	Bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar	Bosque de encinos caducifolio cerrado o abierto y vegetación secundaria arbórea derivada	2.7	5.30
6	Bosque mixto	Bosque de encino-pino o pino-encino cerrado y vegetación secundaria arbórea derivada Bosque húmedo de montaña o mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea derivada	7.6	14.86
7	Matorral tropical o subtropical	Matorral xerófilo cerrado Matorral xerófilo abierto Vegetación secundaria arbustiva derivada de selvas; incluye palmares secundarios de palma blanca (*Brahea*)	30.3	59.40
8	Matorral templado o subpolar	Matorral de coníferas y vegetación secundaria arbustiva derivada de bosques	7.0	13.66
9	Pastizal tropical o subtropical	Pastizales. Incluye pastizal natural, pastizales halófilos y gipsófilos Pastizal inducido y vegetación secundaria herbácea derivada de bosques subtropicales, selvas y matorrales	0.6	1.17
10	Pastizal templado o subpolar	Pradera de alta montaña o zacatonal	8.6	16.86
14	Humedal	Selvas bajas inundables y vegetación de galería Popales y tulares Manglares Vegetación y pastizales tanto halófilos como gipsófilos asociados a humedales, o con influencia marina, o de lagunas	1.1	2.13
15	Suelo agrícola	Terrenos agrícolas Bosques cultivados Pastizales cultivados	20.2	39.56
16	Suelo desnudo	Áreas sin vegetación aparente	0.8	1.55
17	Asentamiento humano	Áreas urbanas y construidas, en uso o en abandono	0.6	1.10
18	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	1.1	2.18
19	Nieve y hielo	Nieve y hielo	0.0	>1

3 m en templados. Los bosques de latifoliadas en zonas tropicales pueden estar representados por especies perennifolias o caducifolias en relación con su ubicación geográfica. En el primer caso, su característica predominante es que no pierden las hojas a lo largo del año, ya que se localizan en zonas con altos regímenes de precipitación, lo que ocasiona o mantiene valores altos en el verdor durante todo el año (3A en la graáfica 1). Las variaciones que se observan en el perfil anual del índice de verdor en el bosque perennifolio tropical son causadas por un desecamiento de las hojas al final de la temporada seca y la caída de algunas de éstas en bosques subperennifolios. En contraste, la vegetación caducifolia presenta un comportamiento estacional en el índice de verdor, con un incremento muy marcado durante la estación lluviosa en comparación con la temporada seca (4A en gráfica 1). Los principales bosques tropicales perennifolios se localizan en las planicies del Golfo de México, el sur y este de la península de Yucatán y el este de Chiapas. Algunos ejemplos de la vegetación característica en este tipo de cobertura son el sombrerete (*Terminalia amazonia*), caoba (*Swietenia macrophylla*), capomo (*Brosimum alicastrum*), palo de agua (*Vochysia guatemalensis*), macayo (*Andira galeottiana*), guapaque (*Dialium guianense*), palo mulato (*Bursera simaruba*), pucté (*Bucida buceras*), chechén (*Metopium brownei*) y chechén blanco (*Cameraria latifolia*). En el caso de los bosques caducifolios, éstos se distribuyen principalmente en la costa del Pacífico, desde el norte de Sinaloa, en el sur de Veracruz y Tabasco, y en zonas inundables de la península de Yucatán.[7] La vegetación representativa está compuesta por el cuajiote, papelillo y copal (*Bursera*), amate (*Ficus*), tepeguaje (*Lysiloma*), bonete (*Jacaratia mexicana*), pochote (*Ceiba*), ciricote, cueramo (*Cordia*), cazahuate (*Ipomoea*), guaje (*Leucaena*), palo verde (*Cercidium*), amole, limoncillo (*Ziziphus*), mezquite (*Prosopis*) y anona (*Annona glabra*). Estos bosques tienen gran importancia en la conservación de la biodiversidad por sus elevados valores de riqueza de especies en comparación con otros ecosistemas. Los bosques templados de latifoliadas se distribuyen a lo largo de la vertiente del pacífico en la Sierra Madre Occidental, desde Sonora hasta Jalisco, y en algunas zonas de la Sierra Madre Oriental entre Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí, y son representados principalmente por variedades de encinos (*Quercus*).

Bosques mixtos

En esta cobertura, ninguna de las especies de coníferas o latifoliadas representa un porcentaje mayor a 75% del dosel. Son ecosistemas de gran importancia biológica debido a la diversidad que poseen, caracterizada principalmente por la mezcla de pinos y encinos, aunque también por la presencia de liquidámbar


1A
1B
Bosque de coníferas templado o subpolar
3A
3B
Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical
4A
4B
Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical
5A
5B
Bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar
6A
6B
Bosque mixto
7A
7B
Matorral tropical o subtropical
8A
8B
Matorral templado o subpolar
9A
9B
Pastizal tropical o subtropical
10A
10B
Pastizal templado o subpolar
16A
1B
10B
7B
7A
6B
16B
5A
1A
14B
3B
15B
18A
18B
15A

Diversidad de la cobertura de suelo en México

La cobertura de suelo es el material físico sobre la superficie de la Tierra y se encuentra de modos distintos y con diferentes fenotipos en todo el territorio, de manera que un mismo tipo de bosque o matorral, por ejemplo, puede estar representado por vegetación abierta o cerrada, y por diferentes especies en relación con la zona donde se encuentre. México es un país megadiverso, lo que constituye no sólo una gran variedad de especies animales y vegetales, sino también un abanico de ecosistemas con características específicas.
En la figura, se ilustra cómo las clases de cobertura de suelo se distribuyen en el país y se muestran ejemplos de cómo una misma clase se expresa de diferentes formas en el paisaje.



speck.conabio.gob.mx/NALCMS/photos/es/index.html



Cuatro Ciénegas, Coahuila.
Foto: © Fulvio Eccardi

(*Liquidambar styraciflua*), macpalxochitl, flor de manita (*Chiranthodendron pentadactylon*), micoxcuáhuitl (*Engelhardtia mexicana*), lechillo (*Carpinus caroliniana*), y otras de los géneros *Clethra*, *Ocotea*, *Magnolia*, *Inga*, *Miconia*, *Podocarpus*, *Oreopanax*, *Ternstroemia*, *Tilia* y *Prunus*. Estos bosques se distribuyen a lo largo de las Sierras Madre Occidental y del Sur, y el Eje Neovolcánico Transversal, además de los sistemas montañosos de Chiapas.

Matorrales

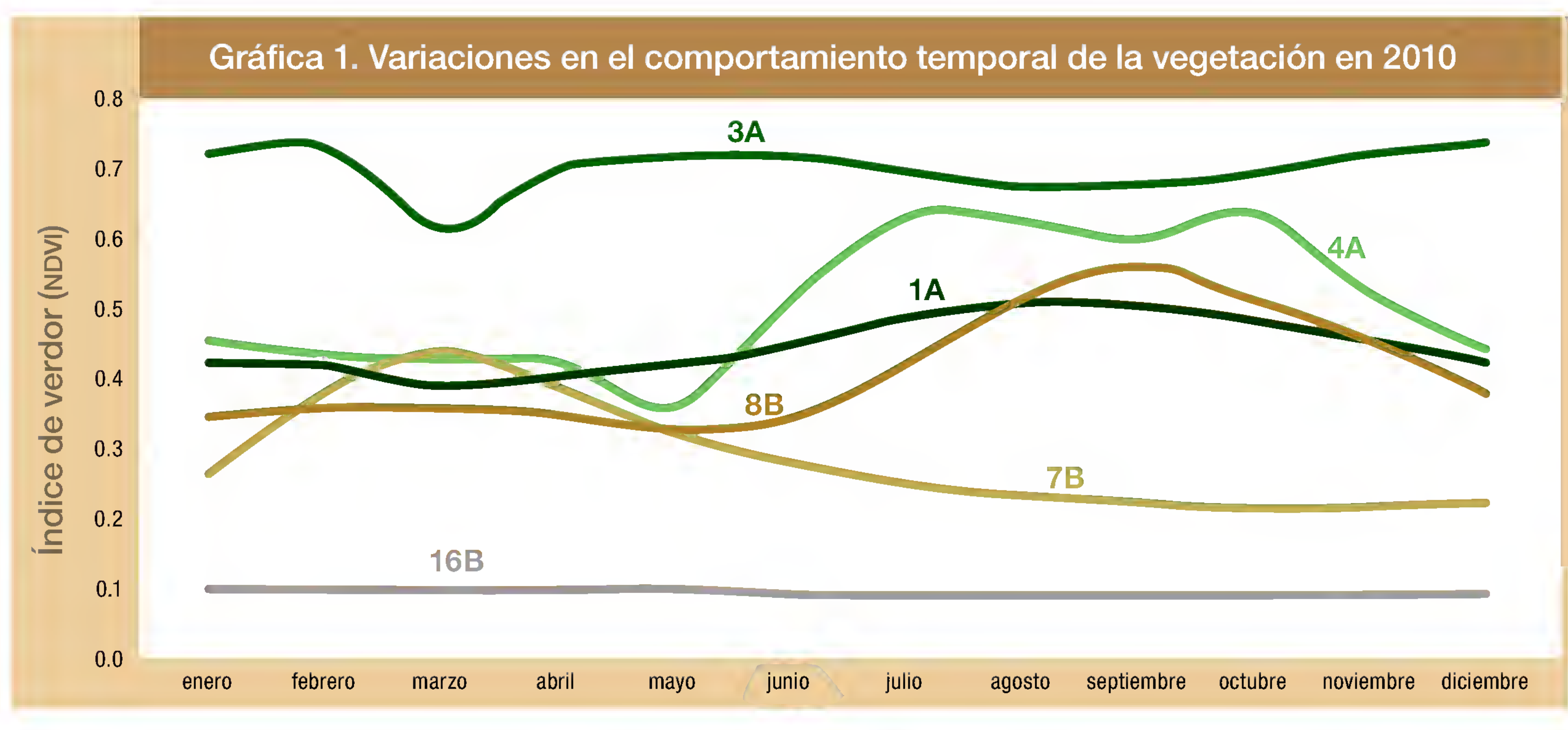
Es el tipo de cobertura de suelo con mayor extensión en México (37.3%), localizándose en zonas tropicales, subtropicales y templadas. En los dos primeros casos, predominan arbustos perennifolios de tallos leñosos menores a 5 m de alto y que ocupan más de 20% del área donde se encuentran, mientras que los matorrales templados no alcanzan alturas mayores a 3 m. Los matorrales se distribuyen principalmente en regiones áridas y semiáridas del país, como el Altiplano Central, planicies costeras de Sonora, península de Baja California, Tamaulipas y la zona de Tehuacán-Cuicatlán entre Oaxaca y Puebla.[7] Estas coberturas constituyen una aportación importante de flora endémica con afinidad neotropical.[7] En estos ecosistemas se pueden identificar diferentes especies de cactáceas, agaváceas y vegetación herbácea, esta última predominante en las zonas arbustivas del norte del Altiplano Central. La vegetación en los matorrales es muy sensible a las variaciones en los regímenes de precipitación, por lo que manifiestan varias formas de suculencia y xeromorfía. Estos ecosistemas se relacionan estrechamente con la estacionalidad de las lluvias, como se observa en el verdor de un sitio ubicado en el norte de Baja California (7B de la gráfica 1), el cual muestra un comportamiento inverso al del resto del país (8B de la gráfica 1), por localizarse en una zona con lluvias en los meses de invierno.

Pastizales

Esta clase se caracteriza por áreas donde 80% de la vegetación está representada por gramíneas o herbáceas. Son zonas no sujetas a manejo intensivo como cultivo, pero son utilizadas frecuentemente como agostadero. En México se distribuyen en regiones templadas y tropicales, principalmente en el Altiplano Central, en los límites con la vertiente interior de la Sierra Madre Occidental, en el norte de la llanura costera del Golfo en Tamaulipas y en la costa del Pacífico de Baja California. Se identifican principalmente por la presencia de navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate chino (*Buchloe dactyloides*) y algunas especies de los géneros *Aristida*, *Andropogon*, *Heteropogon* y *Muhlenbergia*.

Humedales

Esta cobertura se define en áreas donde el nivel freático generalmente se encuentra por encima o cercano a la superficie durante periodos prolongados de tiempo, por lo que existe un predominio de vegetación herbácea perennifolia y humedales arbóreos. Algunos ejemplos costeros se localizan en Marismas Nacionales en Nayarit, los oasis de la península de Baja California, cenotes, manglares y petenes de la península de Yucatán y pantanos de Centla en Tabasco, entre otros;[7] mientras que en las regiones interiores los humedales de Cuatro Ciénegas representan el caso



de mayor relevancia. Estos ecosistemas pueden estar representados por especies de manglares, popales, tulares y zapotales, además de una gran variedad de vegetación halófila. Otros humedales pueden formarse temporalmente de manera periódica o episódica en algunos lagos o sistemas endorreicos, como en zonas cercanas al lago Chapala en Jalisco, en el este de Puebla y el norte de Chihuahua. La presencia de estos últimos depende del régimen de lluvias y el manejo de canales de riego que los mantienen anegados, ya que de otro modo serían caracterizados como suelo desnudo o cuerpos de agua.

Otras clases

El suelo agrícola representa la superficie cubierta por cultivos de manejo intensivo, lo que significa que requiere de la acción humana para su mantenimiento. Se distribuye en todo el país, respondiendo a regímenes de riego y temporal. Las clases restantes, como suelo desnudo (16B de la gráfica 1), asentamiento humano, cuerpo de agua, nieve y hielo, poseen características más claras y estables, y presentan mucha menos variedad en su apariencia.

Agradecimientos

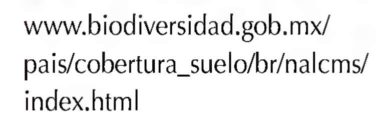
Agradecemos el apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), quien coordina el trabajo en el proyecto NALCMS, y a los colegas de las instituciones participantes.

A los autores de las fotografías en la figura central, Miguel A. Sicilia (1B, 3A, 5B, 7A, 8B), Juan M. Labougle (9A), Efraín Hernández (9B), Rurik H. List (10B), Joanna Acosta (14B), Adalberto Ríos (15A), Manfred Meiners (15B), Carlos Sánchez (16A), Alejandro Boneta (16B), Carlos Galindo (17B) y Jorge Neyra (19B). Las fotografías 1A, 3B, 4A, 6B y 7B, son de libre reproducción y no tienen una referencia específica sobre su autoría (las imágenes restantes son parte del acervo fotográfico del autor).

Acceso al proyecto

Información adicional sobre NALCMS y acceso a la cartografía, se puede obtener en el micrositio del monitoreo de la cobertura de suelo en México.





www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura_suelo/br/nalcms/index.html



Mapa interactivo de la diversidad de cobertura de suelo en México. http://speck.conabio.gob.mx/NALCMS/photos/es/index.html

Bibliografía

[1] Giri, C. 2012. *Remote Sens. L. Use L. Cover Princ. Appl.* (Giri, C.) 3–12 (CRC/Taylor & Francis, 2012).

[2] Colditz, R. R. *et al.* 2012. "Generation and analysis of the 2005 land cover map for Mexico using 250m MODIS data", *Remote Sensing of Environment* 123: 541-552.

[3] Espinosa, D., S. Ocegueda, C. Aguilar, Ó. Flores y J. Llorente-Bousquets. 2008. *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, p. 620.

[4] Latifovic, R. *et al.* 2012. *Remote Sens. L. Use L. Cover Princ. Appl.* (Giri, C. P.) 303–324 (CRC/Taylor & Francis, 2012).

[5] Latifovic, R. y D. Pouliot. 2005. "Multitemporal land cover mapping for Canada: methodology and products", *Canadian Journal of Remote Sensing* 31: 347-363.

[6] Gregorio, A. Di y L.J.M. Jansen. 1998. *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual for Software Version 1.0.*

[7] Challenger, A. y J. Soberón, J. 2008. *Capital natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la biodiversidad.* México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 87-108.

AUMENTANDO EL DETALLE EN LAS ESCALAS ESPACIALES

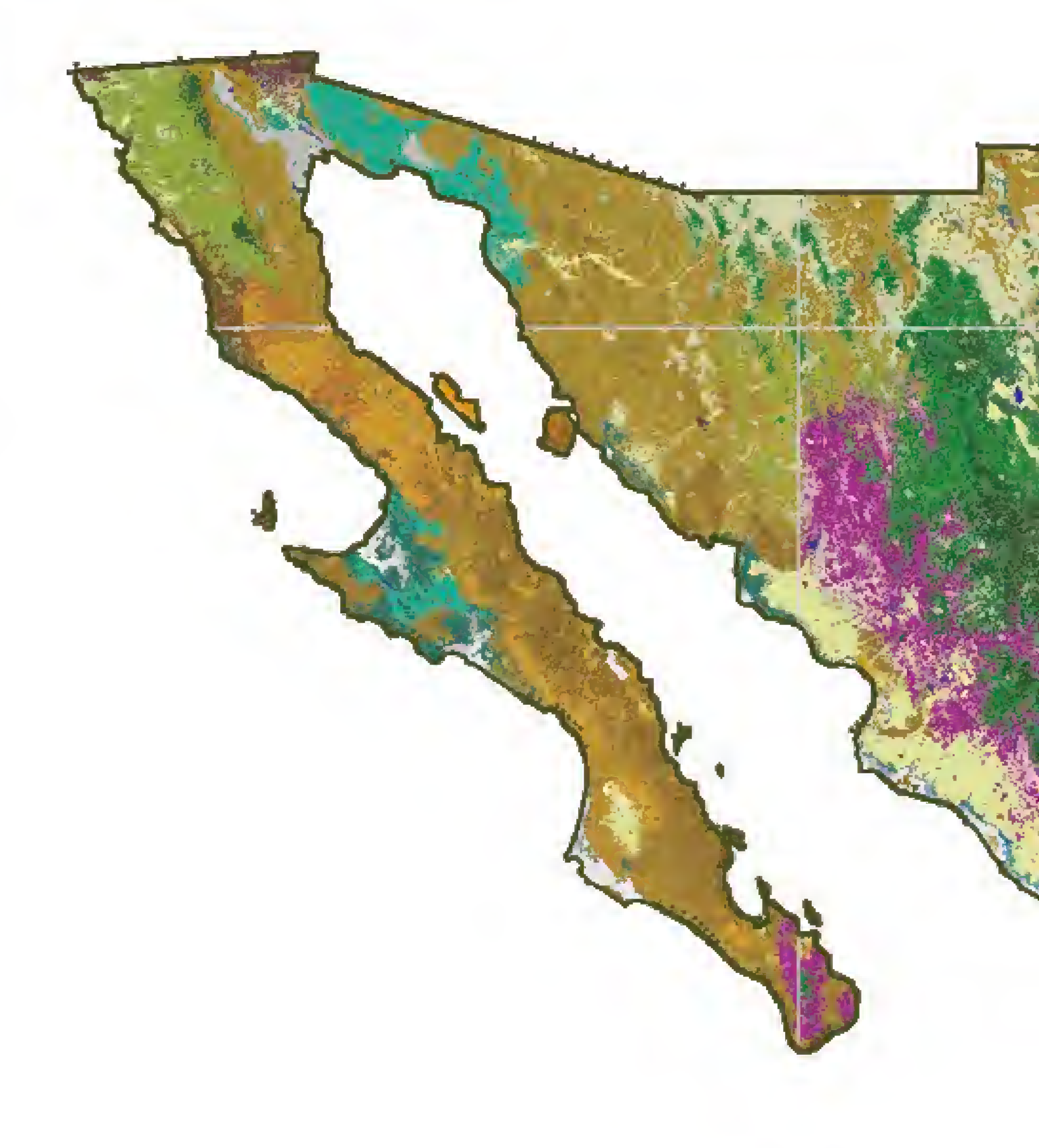
El sistema nacional de monitoreo de tipos forestales y de cobertura del suelo con datos satelitales de alta resolución

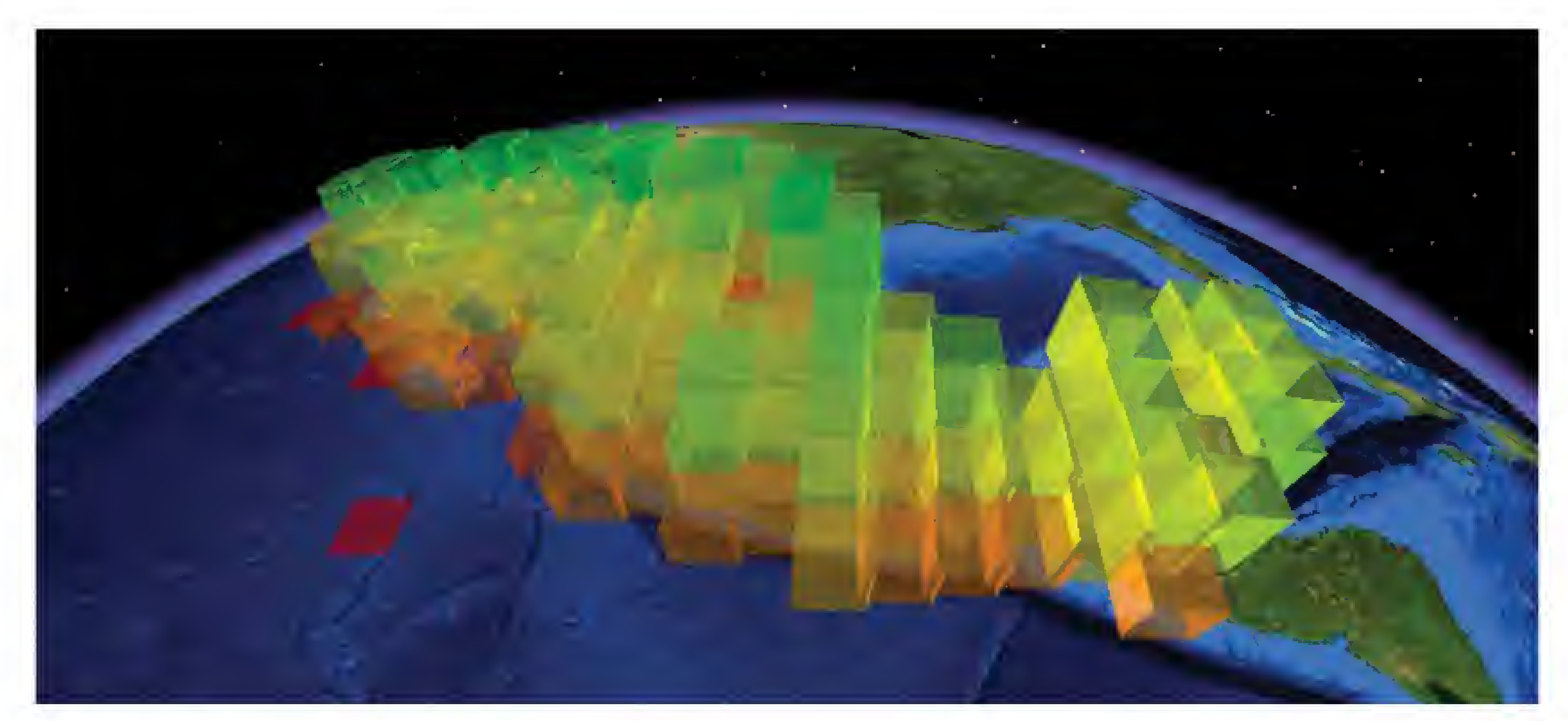
STEFFEN GEBHARDT, JULIAN EQUIHUA, THILO WEHRMANN, MICHAEL SCHMIDT

Los bosques desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono y, en consecuencia, en la aceleración o desaceleración del cambio climático global. En el ámbito terrestre mundial específicamente, los bosques contienen alrededor de 50% de las reservas de carbono orgánico. La biomasa forestal constituye aproximadamente 80% de la biomasa total. Los bosques contribuyen más de dos tercios de la producción primaria neta. Los ecosistemas forestales son refugios extremadamente importantes para la biodiversidad terrestre, un componente central de los sistemas biogeoquímicos de la Tierra y una fuente de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano.[1]

Para generar áreas agrícolas, ganadería y nuevas zonas urbanas, los seres humanos han reducido la superficie forestal mundial en aproximadamente 40% en los últimos siglos. Este proceso está ocurriendo con gran rapidez en los ecosistemas más ricos en biodiversidad y carbono del planeta: los bosques tropicales.[1, 2, 3]

Según la evaluación de los recursos forestales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO),[3] México participó en este proceso con alrededor 5.5 millones de hectáreas de bosque perdido entre los años 1990 y 2010.



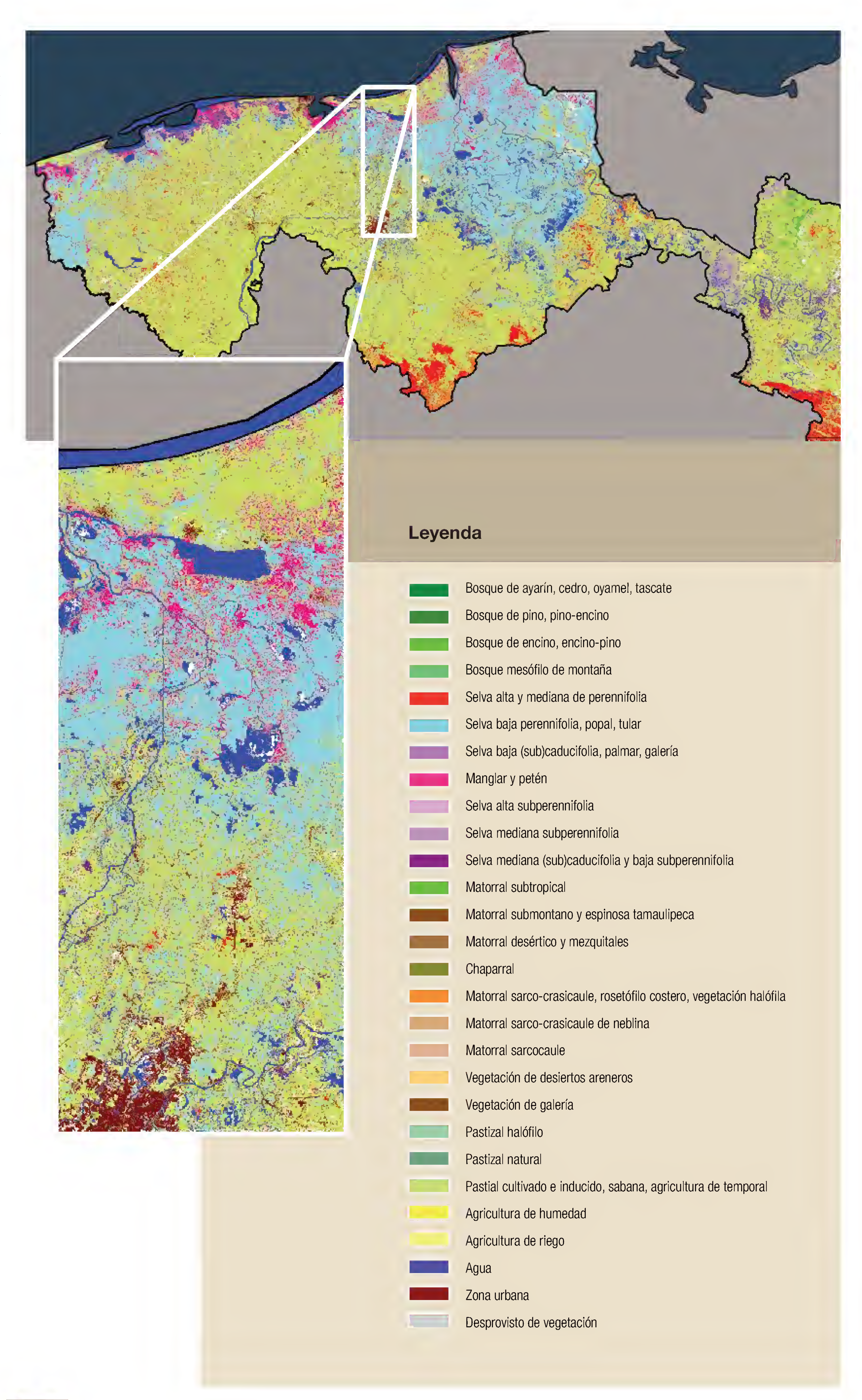


La disponibilidad de imágenes de los satélites Landsat es sumamente heterogénea. Para una cobertura nacional completa se necesitan 135 imágenes distintas. Los satélites Landsat revistan un punto dado de la Tierra cada 16 días. Por tanto, en un solo año, se pueden captar múltiples imágenes del mismo lugar. Desgraciadamente, la calidad de las imágenes es muy variante, sobre todo a partir de la idea de que los datos útiles son aquellos que no están cubiertos por nubes. Por las características naturales del territorio mexicano, la disponibilidad multitemporal de imágenes con una nubosidad menor a 10% es muy distinta en el norte y el sur del país.

Mapa 1:100,000 de la cobertura del suelo en México en el año 2000
generado a partir de más de 2 mil imágenes de los satélites Landsat de resolución espacial de 30 metros.
Esta imagen fue procesada automáticamente por el sistema MAD-Mex en unas pocas horas.



Mapa 1:20,000 de la cobertura de suelo en el estado de Tabasco del año 2012, generado a partir de más de 300 imágenes RapidEye de resolución espacial de 5 metros. Esta imagen fue procesada automáticamente por el sistema MAD-Mex.



Disminuir en lo posible la pérdida de bosques y restaurar la cubierta forestal en zonas deforestadas podrían, por tanto, ayudar a mitigar el cambio climático y sus efectos negativos.

Hacia un sistema integral de monitoreo forestal

En el año 2006, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso un mecanismo llamado REDD (Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques). Éste serviría para incentivar a los países a disminuir sus tasas de deforestación en comparación con un nivel de referencia nacional calculado a partir de la tasa de deforestación en las últimas décadas (de 1990 o principios de 2000).[4] Esto es, el mecanismo ofrece compensaciones a cambio de reducciones en tasas de deforestación recientes.

Durante la 16ª reunión de la CMNUCC en Cancún en noviembre de 2010, México presentó su estrategia nacional para el programa REDD. Con este fin, se utilizaría el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) y técnicas de percepción remota como instrumentos para el desarrollo de un sistema nacional de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de los estados y dinámicas de la cobertura vegetal mexicana.

Este sistema tendrá dos componentes centrales, según las guías del IPCC sobre mejores prácticas. Primero, el componente de factores de emisión (EF, por sus siglas en inglés), que debe generar estimaciones de carbono actualmente contenido en la vegetación con base en modelos alométricos generados a partir de valores medidos en el marco del INFyS. El segundo componente se llama "datos de actividad" (AD, por sus siglas en inglés) y se basa en la generación de mapas de cambio de uso de suelo con base en los cuales se extrapolan los resultados del componente EF y se generan estimaciones de carbono para el país completo. El gobierno federal, bajo el marco de una colaboración interinstitucional, ha desarrollado a lo largo de los últimos tres años un sistema operativo para el procesamiento de datos satelitales de alta resolución. Los cuatros organismos asociados, CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), han desarrollado un enfoque automatizado que provee mapas de cobertura del suelo y su cambio a escalas de 1:100,000 y 1:20,000 utilizando imágenes de los satélites Landsat y RapidEye.

La llegada de MAD-Mex

CONABIO y CONAFOR, apoyadas por el INEGI, comenzaron en 2011 el desarrollo de métodos automatizados para asignar con alta exactitud, alta resolución espacial y frecuente periodicidad (anualmente) los cambios de cobertura del suelo para todo el territorio mexicano. Este sistema de procesamiento, llamado MAD-Mex (MRV-AD México REDD+), está actualmente en operación en la CONABIO. El sistema permite la clasificación de imágenes satelitales Landsat y RapidEye para generar cartografía nacional de cobertura de suelo, así como la detección y descripción de los cambios entre clasificaciones correspondientes a dos fechas. El sistema MAD-Mex consta de la interrelación de diferentes componentes de hardware, software y algoritmos que cumplen tareas específicas: bases de datos, un sistema de gestión de archivos, servidores y software de procesamiento. Una gran parte del software fue desarrollado en la CONABIO e incluye diferentes algoritmos para el procesamiento y la clasificación de las imágenes. MAD-Mex es robusto, escalable y transferible. Se ha utilizado para generar un mapa nacional de cobertura del suelo y cambios para Colombia. El sistema también está instalado y funcionando en la CONAFOR y en el Centro de Investigación Woodshole (Woodshole Research Center, WHRC) en Estados Unidos. En la CONABIO el sistema se alberga en una potente infraestructura: 5 servidores y 100 núcleos de procesamiento, medio PetaByte de almacenamiento y un sistema de archivos que facilita el acceso en paralelo a los datos de diferentes años (décadas en el caso de Landsat). Para generar un mapa nacional de cobertura basado en Landsat se deben procesar más de 2 000 imágenes porque se utilizan todas las observaciones disponibles en el tiempo. Con la infraestructura actual de la CONABIO esto se logra procesar en tan sólo 12 horas. El producto análogo basado en RapidEye se genera procesando 8 000 imágenes (más de 1 000 000 000 000 de píxeles) que requiere 4 días de cómputo.

No sólo son mapas coloridos

Ya se procesaron múltiples mapas nacionales de cobertura de suelo anual a una escala 1:100,000. Esto se generó con base en datos Landsat correspondientes a los años que van de 1990 a 2010. El esquema jerárquico de las clases de cobertura de suelo define cuatro niveles de detalle. En el nivel más fino subdivide en total 36 clases; 13 de ellas representan tipos de bosques y selvas primarios, tres clases de bosques secundarios y una clase de bosques inducidos



o cultivados; otras ocho clases describen matorrales y las 11 restantes representan agricultura, pastizales, humedales, cuerpos de agua, zonas urbanas y otros tipos de vegetación. Los tres niveles restantes proporcionan agregaciones jerárquicas con 15, 10 y 8 clases, respectivamente. Una evaluación del mapa del año 2000 basada en más de 200 000 polígonos de referencia interpretados de manera manual, arroja una exactitud global de 71% bajo el esquema de 36 clases. La revisión más reciente se llevó a cabo en acuerdo con comentarios de los expertos del INEGI. Se resolvió desarrollar ejercicios adicionales a partir de agregaciones de ciertas clases con la intención de aumentar la exactitud general del producto. Las clases de bosques primarios se han identificado con exactitudes entre 60% y 83%. Las exactitudes de las clases de matorrales se encuentran entre 60% y 90%. Cuando se agregan clases para generar unas más generales de bosques templados y tropicales se alcanzan exactitudes de 85% y 80%, respectivamente. Si sólo se intenta distinguir bosques de áreas no forestales, se logra una exactitud de 87%.

La eterna discusión de los cambios en coberturas forestales

Es aún una práctica común estimar tasas de deforestación con base en la comparación de mapas de clases de coberturas. En la evaluación de los recursos forestales de la FAO[3] la tasa de deforestación anual máxima entre 2000 y 2005 no supera 5% para ninguno de los países informantes. La tasa más alta la comparten Burundi y Togo con una deforestación de 4% anual. En el mismo periodo México reportó una tasa de alrededor de 0.5%. Esta estadística es sumamente fina. Para poder encontrar diferencias de esta magnitud de una manera estadísticamente confiable comparando mapas de cobertura se necesitaría que la exactitud de cada una de las clasificaciones se acercara a 100%. Los errores de cada uno de los ejercicios de clasificación se propagan cuando se lleva a cabo un estudio postclasificatorio, por esto la exactitud de un análisis de cambios basado en esta técnica tiende al producto de las exactitudes de las clasificaciones originales.[5] Naturalmente, si los errores cometidos a la hora de clasificar cobertura y, por tanto, de hacer un análisis postclasificatorio de cambios son mayores que la tasa de deforestación real es muy probable que se sobreestime o subestime la misma.

MAD-Mex implementa otra técnica que se basa en algoritmos que detectan cambios directamente a partir de imágenes de dos periodos distintos. Los algoritmos en cuestión también corren de manera automática sobre cualquier par de imágenes satelitales. Los

resultados proveen información de dónde existe un cambio en la superficie terrestre. Las áreas cambiadas serán aquéllas donde la señal espectral de sus píxeles sea significativamente diferente. La aparición de nubes y sombras se traduce en cambios notorios en la respuesta espectral, por lo que es necesario filtrar fenómenos de este tipo para poder detectar modificaciones interesantes para el monitoreo de cobertura vegetal. Por otro lado, esta detección no conlleva de manera directa información sobre la naturaleza de los cambios encontrados; no determina cuál corresponde a deforestación, inundación o a la construcción de una pirámide.

Para obtener cambios nombrados, el sistema MAD-Mex combina sus dos productos: cobertura de suelo y cambios detectados. La intención es asignar etiquetas a cada objeto de cambio al estudiar la clase de cobertura de suelo del año de referencia y la clase al momento del análisis de cambios. Con base en esto se pueden filtrar muchos cambios y al final del día determinar áreas de deforestación potencial. Es posible que estos ejercicios aún puedan subestimar las tasas reales de deforestación; sin embargo, esto es más deseable que sobreestimar las mismas. Una estimación conservadora de áreas deforestadas cumple con los requerimientos de CMNUCC para reportar en el marco de REDD+.

¿Y las escalas más finas?

La clasificación automática a nivel nacional de imágenes RapidEye con un tamaño del pixel de sólo 5 metros y un tamaño de imagen de sólo 25 x 25 kilómetros constituye un enorme desafío, principalmente por la disponibilidad de datos de entrenamiento. Para lograr una alta resolución temática, espacial y temporal, el gobierno mexicano se ha comprometido con la enorme tarea de crear datos de entrenamiento exactos sobre una malla nacional regular de 5 kilómetros. Esto representa un total de 78 000 nodos donde se recortan cuadrados (chips) de 1 x 1 kilómetros de las imágenes Landsat que caigan sobre estos puntos. Estos recortes son posteriormente vectorizados y los polígonos resultantes son interpretados manualmente por expertos del INEGI, quienes asignan a cada polígono una clase de tipo de vegetación o uso de suelo. El objetivo final es interpretar visualmente alrededor de 4 millones de polígonos. De los 32 estados federales se han completado 13. Se espera finalizar la interpretación nacional en los próximos dos meses.

Los polígonos interpretados sirven como referencia para las clasificaciones automatizadas de los datos RapidEye. MAD-Mex produce mapas de cobertura de suelo ejemplares para algunos estados; otras partes del país tienen una muy baja disponibilidad de datos de entrenamiento por lo que los resultados no son tan favorecedores. Cuando se tengan listos todos los polígonos etiquetados, la estimación del área deforestada se llevará a cabo de una manera más congruente de como se produce con las clasificaciones basadas en imágenes Landsat. Se procesan dos mapas de cobertura de suelo de años consecutivos, se calculan cambios potenciales en este mismo periodo y se combinan los dos productos para describir los cambios encontrados. Finalmente, se centra el estudio en cambios referentes a coberturas boscosas para poder cuantificar áreas de deforestación.

Bibliografía

[1] *Millennium Ecosystem Assessment: Current States & Trends*. Synthesis Island Press, 2005.

[2] Strassburg, B., R.K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer y A. Lovett. 2009. "Reducing emissions from deforestation. The 'combined incentives' mechanism and empirical simulations", *Global Environmental Change* 19 (2): 265-278, mayo.

[3] FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 2010. "Global forest resources assessment 2010", *FAO Forestry Paper 163*, Roma.

[4] UNFCCC. 2006. "Issues relating to reducing emissions from deforestation in developing countries and recommendations on any further process, Submissions from parties", Bonn, UNFCCC.

[5] Nackaerts, K., B. Muys, P. Coppin, I. Jonckheere y E. Lambin. 2004 "Change detection methods in ecosystem monitoring: a review", *International Journal of Remote Sensing* 25(9): 1565-1596, agosto.

http://www.elsur.mx/noticia/8615/dio-inicio-reconstruccion-de-carreteras-en-palizada

http://www.campeche.com.mx/noticias/campeche_noticias/galeria-carretera-campeche-merida-peligrosa-irresponsabilidad-de-sct/25635

Página opuesta: matapalo en Marqués de Comillas, Chiapas.
Foto: © Fulvio Eccardi



Petén con cenote en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo.
Foto: © Leticia Mendoza

MANGLARES DE MÉXICO:
diez años de retos en su monitoreo

MARÍA TERESA RODRÍGUEZ Y CARLOS TROCHE

Al retomar la descripción tan detallada y acertada de Steenis[1] para los manglares asiáticos y ajustándola, sólo un poco, para los manglares de México, vemos que los manglares vistos desde la distancia dan la impresión, con su color verde oscuro, de un tipo más o menos monótono de bosque. Sin embargo, al caminarlo, inmediatamente revela su aspecto misterioso, un calor opresivo, una atmósfera húmeda, cubierto de árboles con raíces en forma de zancos o en forma de torpedos que salen del suelo. Si nos quedamos quietos y ponemos atención al entorno, podemos apreciar que en el lodo hay cangrejos, gusanos, charcas de agua con peces y conchas; en el aire, un montón de mosquitos. El silencio sólo se ve interrumpido por la súbita oleada de algunos animales que caminan en el follaje sombrío, el ruido sordo de una fruta que cae en el lodo, el grito desesperado de un ave marina que pasa o el coletazo de alguno que otro cocodrilo… Para un turista "normal", el lugar es poco atractivo, pero para alguien en busca de experiencias distintas y extraordinarias o para un biólogo es un hábitat fascinante y los secretos y condiciones de las diferentes formas de vida que alberga están lejos de agotarse.

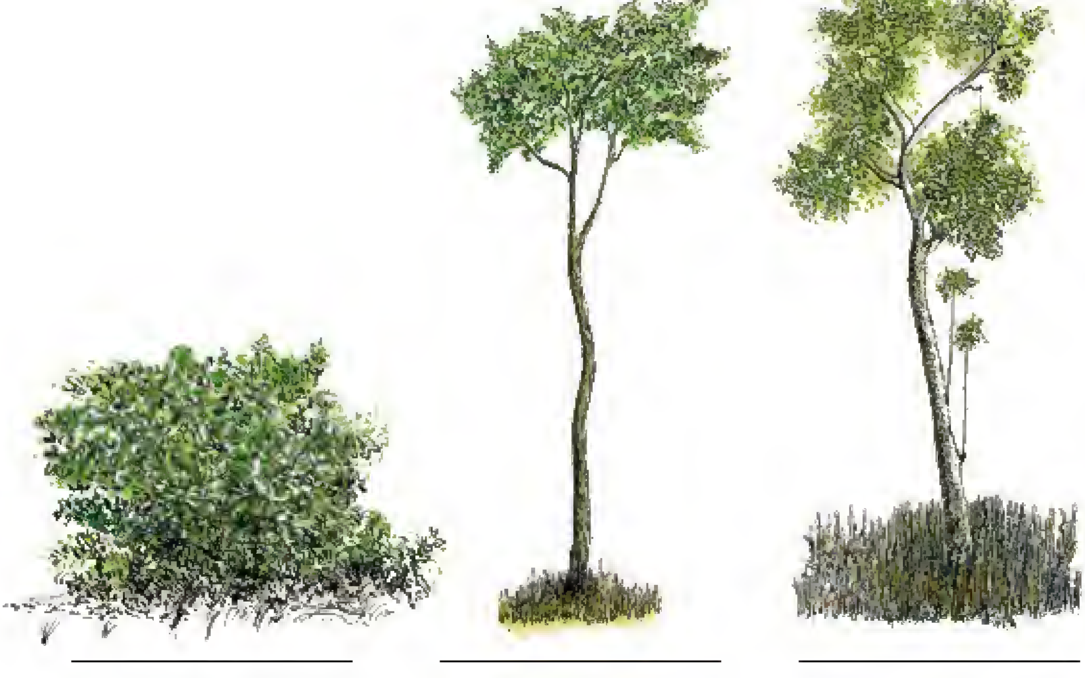
México es un país privilegiado ya que en él se encuentra la cuarta mayor superficie de manglar en el mundo, sólo por debajo de Indonesia, Brasil y Australia.[2] Hasta el día de hoy, de las 70 especies de manglar que se agrupan en diferentes familias y géneros y se encuentran en este ecosistema, nuestro país reporta seis especies, de las cuales cuatro son comunes en las costas mexicanas: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mientras que las otras dos especies (*Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*) han sido registradas sólo en los estados de Oaxaca y Chiapas.[2, 3, 4, 5]

La importancia ecológica y económica de este ecosistema costero es reconocida, ya que los manglares son altamente productivos, generan gran cantidad de nutrientes útiles para las especies residentes (moluscos, cangrejos, jaibas, langostinos, camarones, erizos, peces, aves, mamíferos, etcétera) y para otros ecosistemas adyacentes como los arrecifes de coral y pastos marinos.

Debido al creciente interés del tema acerca de la generación y emisión de los gases de efecto invernadero (GEIs), los manglares junto con otros ecosistemas costeros están siendo reconocidos como importantes almacenes de carbono; en años recientes se acuñó el término *carbono azul* que alude al carbono orgánico (aéreo y subterráneo) que se encuentra en la vegetación y en los suelos de este tipo de humedal.

Por todo lo anterior, está por demás recordar la necesidad de proteger a los manglares. Sin embargo, el reto de la conservación requiere un conocimiento integral de los manglares y el trabajo conjunto. Una vez avanzado en este paso, se podrán establecer estrategias de manejo cada vez más sustentables y compatibles con la conservación y con los intereses generales de la sociedad.

A finales de 2005, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) decidió encarar el reto de generar información sólida sobre el estado de los manglares del país, para lo cual desarrolló un sistema de monitoreo basado principalmente, mas no exclusivamente, en la observación de este ecosistema mediante técnicas de percepción remota (imágenes de satélite).[6]



Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).

Mangle negro (*Avicennia germinans*).

¿Por qué hacer un sistema de monitoreo?

La información del estado actual y los cambios que puedan ocurrir en los ecosistemas son muy importantes para tener un mejor entendimiento que derive en la planificación y ejecución de acciones eficientes en el ámbito de la conservación y manejo adaptativo. Por esta razón, existe la necesidad de desarrollar progra-

mas de monitoreo de los ecosistemas que proporcionen información oportuna, la cual facilite la identificación de sus cambios.

En el caso específico de los manglares en nuestro país, hacia finales de 2005, lejos de conocer una tendencia cercana a la situación real de pérdidas y ganancias, existía una amplia discrepancia entre las distintas estimaciones de la extensión de los mismos, lo que hacía complicado evaluar las pérdidas y, en algunos casos, la recuperación. Esta falta de concordancia entre las estimaciones de la extensión de los manglares planteaba uno de los retos más importantes a cubrir en el corto plazo: generar cartografía sistemáticamente para conocer de manera precisa y detallada la distribución espacio-temporal del ecosistema.

El Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM)

Se estableció un programa sobre manglares, tomando en cuenta estos antecedentes, en el cual la Dirección General de Geomática de la CONABIO y otras instituciones han conjugado esfuerzos de diversa índole y escala, a fin de desarrollar un trabajo de investigación integral que ha permitido paulatinamente tener un mejor conocimiento de este hábitat y proporcionar información oportuna para su conservación.

Actualmente se cuenta con un componente espacial consolidado, con productos disponibles en línea, como la cartografía de la extensión y distribución de los manglares y sus áreas colindantes para las décadas 1970-1980, 2005, 2010 y próximamente para 2015. De esta forma, el SMMM se va robusteciendo cada vez más con la información generada. De las estimaciones realizadas hasta el momento se desprende, de forma general, la pérdida continua de los manglares.

A partir de la cartografía detallada que se ha generado (escala 1:50,000) se extraen diferentes parámetros que nos permiten determinar y cuantificar los cambios que ocurren en este ecosistema y poder reconocer áreas de atención para su conservación.

Dentro del SMMM también trabajamos con un componente experimental, el cual nos permite realizar pruebas de nuevos parámetros e indicadores que contribuyan al monitoreo a lo largo del tiempo. Como un ejemplo de este componente podemos mencionar el trabajo que se realizó en sitios piloto como Laguna Agua Brava (Nayarit) para caracterizar la estructura del manglar: altura, área basal, densidad y biomasa, a partir de datos de campo e información que se deriva de las imágenes de satélite como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

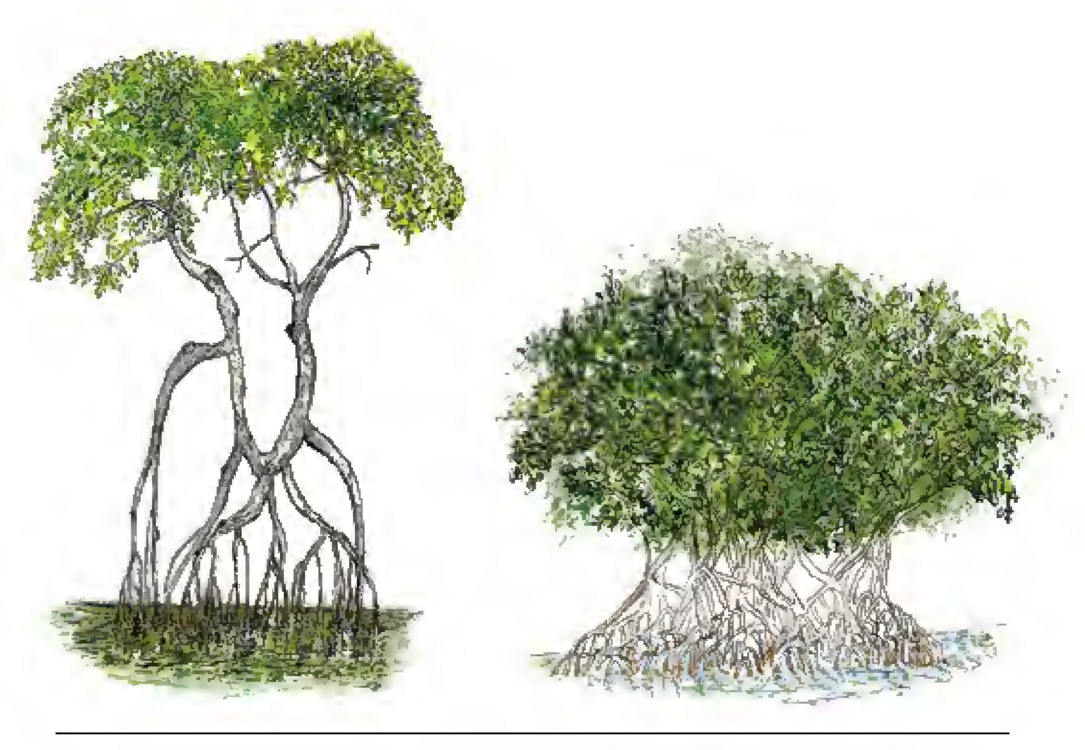
Otro de los pilares importantes del SMMM es el componente social que tiene como propósito proponer e instrumentar indicadores que permitan monitorear el efecto de acciones y políticas públicas sobre el ecosistema de manglar. Para ello hasta el momento se han realizado estudios en cinco sitios pilotos donde se han analizado los efectos de diferentes actividades que llegan a afectar a los manglares.

Sin lugar a dudas, dos de los eslabones fundamentales del smmm han sido el interés y la participación de diversas instituciones académicas, gubernamentales y de la sociedad civil, que trabajan hacia un mismo fin: la permanencia del ecosistema.

Retos en el ámbito nacional

A lo largo de los años el monitoreo de los manglares se ha traducido en retos constantes para la generación de productos y el desarrollo de nuevas líneas de investigación y análisis en las zonas donde se encuentra este ecosistema. Un ejemplo es el caso de las pérdidas y ganancias de línea de costa en México, que salió a la luz al momento de comparar imágenes de dos fechas distintas.

El caso más evidente fue el registrado en Punta La Disciplina, cerca de Laguna de Términos en Campeche, en el cual desde los primeros registros que se



Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)
en su forma arbórea y arbustiva.

MANGLARES

EXTENSIÓN, DISTRIBUC

Pacífico Norte

Hectáreas

	Baja California	Baja California Sur	Sonora	Sinaloa	Nayarit
1970-1980	36	26,724	10,940	82,074	78,024
2005	36	25,519	11,098	79,065	69,784
2010	36	26,694	11,334	77,088	66,920

Manglares de Isla Coronado, Baja California
FOTO: EDUARDO SANDOVAL CASTRO

Manglares de La Paz, Baja California Sur
FOTO: CONABIO-PROFEPA

Manglares de Bahía Santa María, Sinaloa
FOTO: BERENICE VÁZQUEZ BALDERAS / CONABIO-PROFEPA

Pacífico Centro

Hectáreas

	Colima	Jalisco	Michoacán
1970-1980	6,589	8,098	1,788
2005	3,234	2,150	1,543
2010	3,237	2,201	1,419

Pacífico Sur

Hectáreas

	Guerrero	Oaxaca	Chiapas
1970-1980	16,348	28,501	53,901
2005	8,434	18,522	44,598
2010	8,122	18,607	46,278

Manglares en los límites de Jalisco y Colima
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO-SEMAR

Manglares en Manzanillo, Colima
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO

Manglares en playa El Real, Michoacán
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO

Manglares de Lago del Pie, Guerrero
FOTO: BERENICE VÁZQUEZ BALDERAS / CONABIO-PROFEPA

Vista panorámica de manglares, Oaxaca
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO-SEMAR

Manglares de Encrucijada, Chiapas
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO


DE MÉXICO
CIÓN Y MONITOREO
CONABIO
Golfo de México
Hectáreas
0
10,000
20,000
30,000
40,000
50,000
Tamaulipas
Veracruz
Tabasco
1970-1980 2,831 44,820 41,099
2005 3,281 39,211 44,982
2010 3,095 37,841 44,390
ESTADOS UNIDOS
Manglares de Laguna Mar Negro, Tamaulipas
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO
Manglares de Laguna Tamiahua, Veracruz
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO
Manglares de Centla, Tabasco
FOTO: JOANNA ACOSTA VELÁZQUEZ / CONABIO
Península de Yucatán
Hectáreas
0
44,000
88,000
132,000
176,000
220,000
Campeche
Quintana Roo
Yucatán
1970-1980 216,989 137,910 98,756
2005 199,662 130,210 91,701
2010 197,620 128,049 91,356
Manglares Los Petenes, Campeche
Manglares en Dzilam de Bravo, Yucatán
Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo
GOLFO DE MÉXICO
BELICE
GUATEMALA
OCÉANO PACÍFICO
Manglar
Sitio Prioritario de Manglar (CONABIO)
0 50 100 150 200 Km

tienen de la década de los años setenta hasta la fecha existe una pérdida continua de manglar y una ganancia de mar. Este ejemplo nos hace pensar, en un principio, si son consecuencia del incremento del mar, si son dinámicas naturales de las playas o si existe algún otro factor que pueda explicar esta pérdida de manglar y territorio nacional, para lo cual es fundamental la información que han generado ya otras instituciones al respecto.

Otro reto importante para el SMMM es que la información que genere sea utilizada real y oportunamente por las instituciones y organismos correspondientes para llevar a cabo acciones que coadyuven de forma oportuna a la conservación y rehabilitación ecológica (que llamaremos *restauración*, de manera genérica) de los manglares, desempeñando un papel por demás relevante la Profepa, la CONANP y la CONAFOR.

Algunos autores han propuesto que los manglares son un ecosistema que se autorrestaura cuando se deja el suficiente tiempo como para que esto suceda.[7] Si bien esto puede suceder, depende, por un lado, del grado y tipo de alteración que exista (si es de origen natural como huracanes o procesos geomorfológicos, o si la alteración es de origen antropogénico como la construcción de canales y caminos, estanques para la acuacultura, etcétera) y de la capacidad del manglar para superar perturbaciones, sin que su estructura y funcionalidad sean alteradas de manera significativa; por el otro lado, depende del tiempo que se proporcione para la autorrestauración.

Si bien el objetivo de un programa de restauración es recuperar en la medida de lo posible las funciones originales del ecosistema, el cumplimiento cabal es a largo plazo y requiere investigación previa que permita el establecimiento de líneas base a las que se desea regresar al ecosistema y que, al mismo tiempo, designe la forma más eficiente de llegar a este fin. Lamentablemente, muchos de los apoyos económicos otorgados son a corto plazo (2-5 años), lo que limita obtener resultados tangibles y realizar el seguimiento. Por fortuna, la investigación a largo plazo es una línea de estudio que cada vez más se privilegia en México y que se ha considerado y fortalecido en el SMMM. De esta manera, llegamos a un reto más y que no es precisamente restaurar manglares *per se*, sino instaurar programas de restauración integrales en los que exista la manera de generar información de la ecología básica de los manglares, con el fin de establecer indicadores tangibles que nos lleven en el tiempo necesario a identificar que la función del ecosistema se ha recuperado.

Retos del SMMM en el ámbito internacional

A partir de la integración del SMMM con programas de investigación interinstitucional –como los sitios de validación/calibración del Grupo de Observaciones de la Tierra (GEO) y del proyecto de Seguimiento de Carbono Forestal (FCT)–, México podrá tener respuestas complementarias, concretas y objetivas a algunas de las metas establecidas en los indicadores definidos en el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), para conocer el estado de la biodiversidad en el ámbito mundial. Entre estos indicadores ambientales se encuentran la extensión y localización de los manglares.

Otro punto importante en el que los productos del SMMM tienen el reto de ser un referente de calidad en el mundo, es la colaboración con instituciones como Google.inc, que utilizan nuestra información para generar nuevos productos que sirven para destacar la importancia de los manglares.

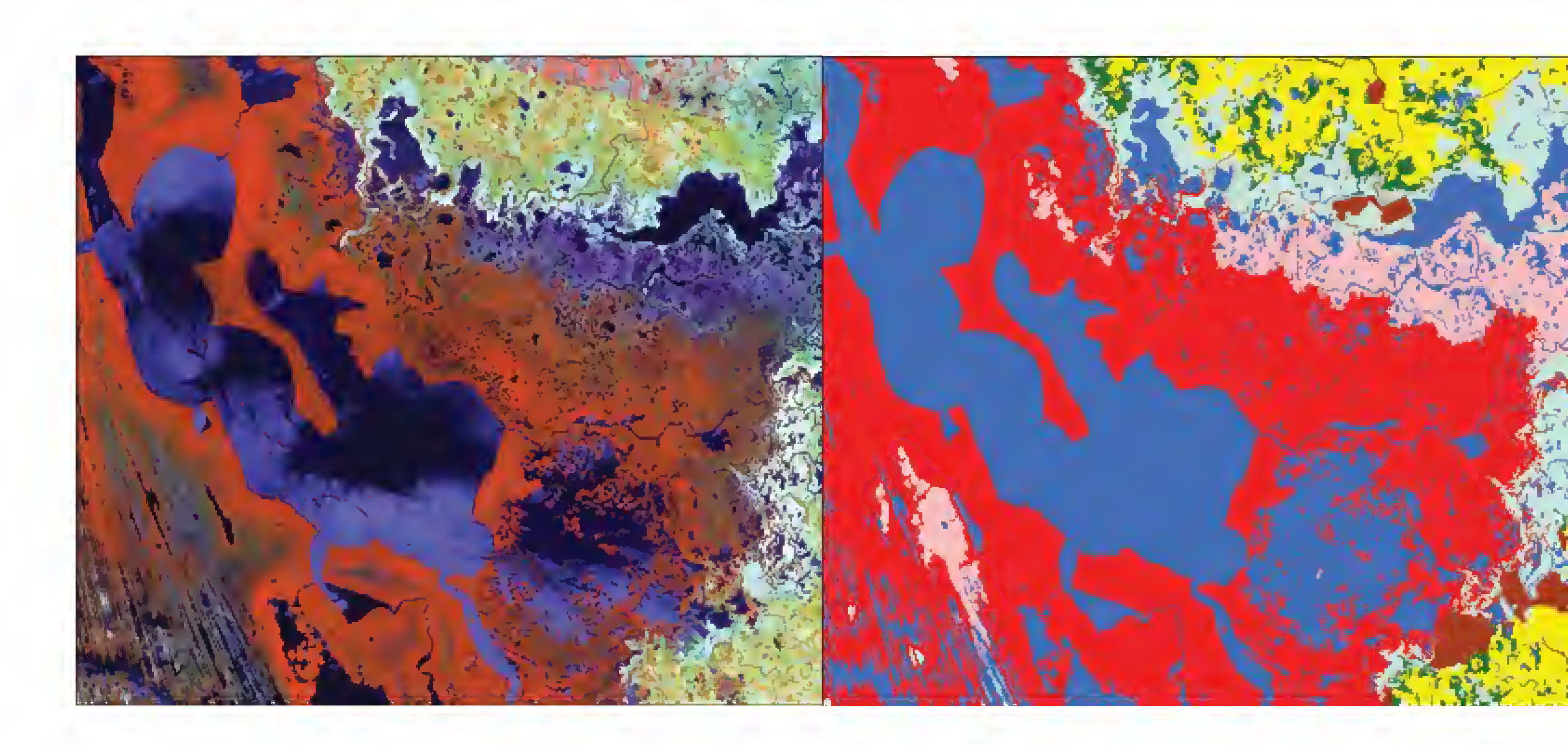
Perspectivas

La conservación de los manglares de México requiere la participación integrada de los actores del manejo y uso de éstos. Sin la cooperación del gobierno, los investigadores, las organizaciones de la sociedad civil, los posibles manejadores y, por supuesto, los dueños

Izquierda: imagen de satélite SPOT 5. Derecha: clasificación del uso de suelo y vegetación. Laguna Agua Brava, Nayarit.

Uso de suelo y vegetación en Laguna Agua Brava, Nayarit

- Desarrollo antrópico
- Agrícola-pecuaria
- Otra vegetación
- Sin vegetación
- Manglar
- Manglar perturbado
- Otros humedales





Pollo de fragata común (*Fregata magnificens*) en el bosque de manglar en Banco Chinchorro, Quintana Roo.

Foto: © Isaí Domínguez

del recurso, el destino de este ecosistema es incierto. En este sentido, si bien en el país existen diversas ANPs que incluyen a los manglares como un ecosistema a proteger (52% de la superficie total en 2010), es evidente que aún faltan algunas regiones importantes por incluir bajo este esquema de conservación. Como ya mencionamos, los manglares en México no son únicamente algunas pocas especies de árboles; constituyen todo un escenario de especies interactuando, y su conservación depende no sólo de la cantidad de reservas que existan, sino también de la calidad de conservación que se dé dentro de éstas y de que estén situadas estratégicamente de manera que se permita la conservación de todas las formas de expresión que tienen los manglares en el país.

El reto en este caso es inmenso, pero no insuperable. Se requiere de la concientización –por parte de los propietarios del recurso y de los tomadores de decisiones– de la importancia biológica, económica y cultural de los manglares.

Bibliografía

[1] Steenis, C.G.G.J. van. 1958. "Ecology of mangroves", en C.G.G.J. van Steenis (ed.), *Flora Malesiana. Series I. Spermatophyta*. Haerlem, P. Noordhoff, pp. 431-441.

[2] Spalding, M., M. Kainuma y L. Collins. 2010. *World Atlas of Mangroves*. Londres y Washington, Earthscan.

[3] López Portillo, J. y E. Ezcurra. 2002. "Los manglares de México: una revisión", *Madera y Bosques*, número especial: 27-51.

[4] Nettel, A., R.S., Dodd, Z. Afzal-Raffii y C. Tovilla Hernández, 2008. "Genetic diversity enhanced by ancient introgression and secondary contact in east Pacific black mangroves", *Molecular Ecology* 17(11): 2680-2690.

[5] Polidoro, B.A., K.E., Carpenter, L., Collins, N.C. Duke, A.M. Ellison, J.C. Ellison, E.J. Farnsworth, E.S. Fernando, K. Kathiresan, N.E. Koedam, S.R. Livingstone, T. Miyagi, G.E. Moore, V.N. Nam, J.E. Ong, J.H. Primavera, S.G. Salmo III, J.C. Sanciangco, S. Sukardjo, Y. Wang y J. Wan Hong Yong. 2010. "The loss of species: mangrove extinction risk and geographic area of global concern", *PLoS ONE* 5(4), e10095.doi:10.1371/journal.pone.00100095. Disponible en: http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0010095. Fecha de acceso: 15 de octubre de 2012.

[6] Rodríguez Zúñiga, M.T., C. Troche-Souza, A.D. Vázquez Lule, J.D. Márquez Mendoza, B. Vázquez Balderas, L. Valderrama Landeros, S. Velázquez Salazar, M.I. Cruz-López, R. Ressl, A. Uribe Martínez, S. Cerdeira Estrada, J. Acosta Velázquez, J. Díaz Gallegos, R. Jiménez Rosenberg, L. Fueyo Mac Donald y C. Galindo-Leal. 2013. *Manglares de México. Extensión, distribución y monitoreo*. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[7] Yap, H. T. 2000. "The case for restoration of tropical coastal ecosystems", *Ocean & Coastal Management* 43:841-851.

Bibliografía complementaria

Brenner L. 2014. Análisis de las consecuencias de la política pública en el contexto de la conservación de los manglares: los casos de La Palma/Mecoacán (Tabasco), La Encrucijada (Chiapas), Punta Maroma/Chacmuchuc (Quintana Roo) y Agua Dulce/El Ermitaño (Jalisco). Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. KE010. México.

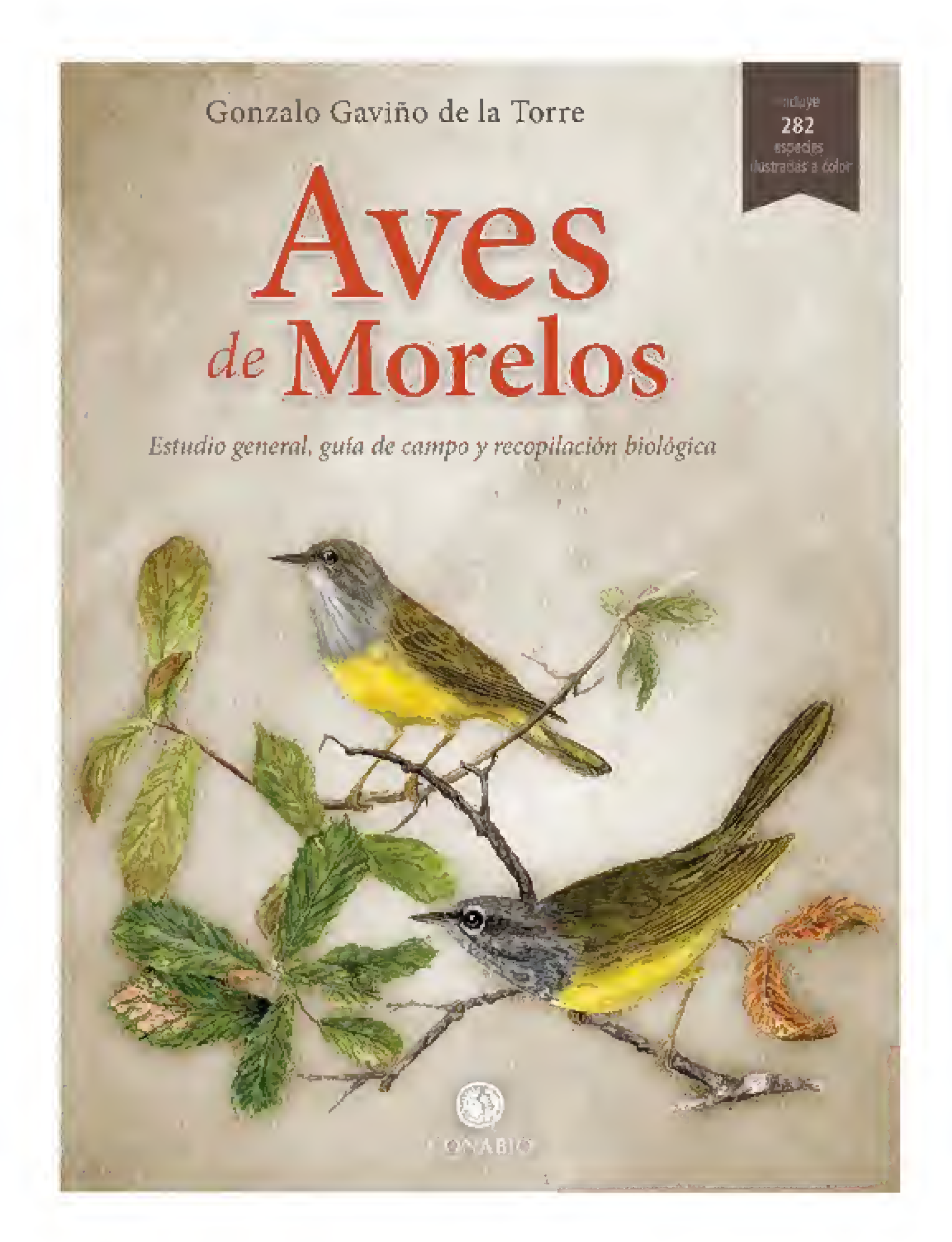
Group on Earth Observations-Forest Carbon Tracking. http://www.geo-fct.org/home Fecha de acceso: 23 de febrero de 2015.

Rodríguez Zúñiga M.T., C. Troche-Souza, A. D. Vázquez Lule, J.D. Márquez Mendoza, B. Vázquez Balderas, L., Valderrama Landeros, S. Velázquez Salazar, A. Uribe Martínez, J. Acosta Velázquez, J. Díaz-Gallegos, M.I. Cruz-López y R. Ressl. 2012. *Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 2ª y 3ª etapas*. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GQ004. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGQ004.pdf. Fecha de acceso: 20 de febrero de 2015.



Para mayor información puede consultar en: http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglares.html

Aves de Morelos *Estudio general, guía de campo y recopilación biológica*



Esta obra ornitológica, única en su género, contiene contribuciones originales tanto en la información científica como en las láminas a color de las aves del estado de Morelos. Viene a llenar un hueco en el conocimiento científico de las aves de ese estado y, aunque está dirigida a los especialistas, también puede ser útil a quienes practican el gusto por ver a las aves. Comprende casi un tercio de las especies mexicanas de aves e ilustra a 315 de las mismas, casi 80% de las que probablemente ocurren en el estado de Morelos, muchas de ellas comunes en los bosques templados de las montañas mexicanas y en la extensa selva baja caducifolia del país.

Para la mayor parte de las especies que aquí se tratan se ofrece información esencial recopilada sobre aspectos básicos de su biología, así como datos locales de la diversidad de aves, su distribución, ocurrencia en distintas vegetaciones, población, proporciones del uso general y estacional de sus recursos alimentarios y épocas de reproducción, entre otros datos. Incluye, asimismo, índices de nombres comunes en español, en lengua indígena y en inglés, haciendo la correspondencia con los nombres científicos.

La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Sigue las actividades de CONABIO a través de Twitter y Facebook

Biodiversitas es de distribución gratuita. Prohibida su venta.

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2013-060514223800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO: Tools Soluciones
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Adriana Cataño y Leticia Mendoza
PRODUCCIÓN: Gaia Editores, S.A. de C.V.
IMPRESIÓN: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.

fulvioeccardi@gmail.com • biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos